

КОНСТРУКЦИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПРОЖЕКТОРА СО СВЕТОДИОДНЫМИ ИСТОЧНИКАМИ СВЕТА

© 2015 С.Р. Абульханов

Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С. П. Королева
(национальный исследовательский университет)

Поступила в редакцию 06.04.2015

Получены в программной среде ANSYS собственные частоты двух конструкций модернизированного железнодорожного прожектора. В первом случае в серийном прожекторе лампа накаливания была заменена группой светодиодов, установленных на цельной цилиндрической подложке. Во второй конструкции прожектора подложка, несущая светодиодные источники света, была оснащена радиальными рёбрами и концентрическими обечайками жёсткости. Проведённый анализ характера деформаций подложек при вибрациях на собственных частотах установил ряд конструкторских решений, позволяющих повысить вибростойкость прожектора. На модели прожектора было установлено, что собственные частоты прожектора с цельной подложкой принадлежат практически всему диапазону железнодорожных вибраций. Собственные частоты подложки, выполненной с отверстиями, рёбрами и обечайками жёсткости, принадлежат низким частотам интервала вибраций железнодорожного локомотива. На основе разработанной методики анализа деформации и собственных частот поверхности, несущей светодиоды, предложена и исследована конструкция вибростойкого прожектора.

Ключевые слова: железнодорожный прожектор, светодиодный источник света, вибростойкость

ВВЕДЕНИЕ

Для многих областей экономики актуальной задачей является повышение срока эксплуатации осветительных прожекторов, работающих в экстремальных условиях. В условиях *вибрационных* и ударных *нагрузок* эксплуатируются осветительные устройства, работающие для освещения предприятий тяжелой промышленности, горных разработок, портов, строительных площадок, мостов, железных дорог, улиц с интенсивным движением, сельскохозяйственных объектов, спортивных комплексов и других сооружений.

Железнодорожные транспортные средства и объекты железнодорожной инфраструктуры [1-3], а также портовая, строительная и производственная подъёмная техника являются объектами с экстремальными параметрами *вибрационного* состояния. В этом случае надёжность осветительных устройств, размещённых на такой технике, обусловлена способностью конструкции осветительного устройства противостоять воздействию вибраций.

При оснащении судовых *навигационных огней* и осветительных прожекторов строительных кранов лампами накаливания в первом случае ресурс источника света в среднем составляет – 1500 часов, а во втором – сутки.

Анализ путей увеличения *безаварийного* периода эксплуатации осветительных приборов на основе анализа мировой практики показывает

Абульханов Станислав Рафаелевич, кандидат технических наук, доцент кафедры механической обработки материалов, докторант. E-mail: abulhanov58@mail.ru

вает, что повышение надёжности эксплуатации осветительных приборов осуществляют в двух направлениях: разработка и внедрение более надёжных в эксплуатации источников света; широкое использование в конструкции осветительного прибора демпфирующих сплавов и пластических масс [4].

Для определения вибростойкости различных конструкций, включая и вибростойкость осветительных приборов, в РФ существуют различные методы физических испытаний, регламентируемые ГОСТ Р МЭК 60598-1-2011. Аналогичные стандарты существуют в ЕС (вибростойкость – IEC 69-2-27; ударопрочность IEC 60068-2-7). При испытаниях на вибростойкость в соответствии с отечественными и европейскими стандартами на конструкцию воздействуют гармоническими и случайными вибрациями различных спектров частот и с различными амплитудами. Проведение таких испытаний процесс длительный и дорогой.

Целью статьи является рассмотрение конструкторских решений модернизации современных серийных локомотивных прожекторов, позволяющих использовать в качестве источников света светодиоды, а также повышающие вибростойкость светоизлучающей поверхности прожектора [5-9].

Оптимизация конструкторских решений осуществлялась на основании анализа собственных частот конструкции прожектора, полученных в результате использования вычислительного эксперимента. Рассмотрены возможности повышения вибростойкости конструкции осветительных устройств на примере железнодорожного про-

жектора с помощью конструкторских решений, полученных в результате использования вычислительного эксперимента

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Нормы безопасности на Российской железной дороге (РЖД) регламентируют показатели освещения открытых территорий. К основным вредным факторам световой среды на железнодорожном транспорте относятся следующие обстоятельства: недостаточная искусственная освещенность; чрезмерная яркость; прямой и отраженный слепящий блеск; пульсация освещенности; изменяющаяся яркость; наличие резких теней и др.

В настоящее время на РЖД повсеместно отказываются от использования ламп накаливания в лобовых прожекторах железнодорожных локомотивов в пользу светодиодных источников света. Замена ламп накаливания светодиодами является *общепринятым направлением развития* современных осветительных приборов, поскольку светодиодное освещение использует меньше энергии, чем лампы накаливания, является более надежным, а также имеет намного больший безаварийный срок эксплуатации, чем у любых других источников света. По этим причинам использование LED (Light-Emitting Diode) целесообразно во многих приложениях, включая промышленные применения, где работа не может быть остановлена в случае поломки осветительного прибора. Одно из таких приложений – это лобовой прожектор железнодорожного локомотива.

В работе [10] рассматривается конструкция железнодорожного прожектора со светодиодными источниками света, позволяющая регулировать светототдачу. Конструкция прожектора обеспечивает замену и настройку светодиодов во время эксплуатации железнодорожного транспортного средства. При этом обеспечиваются необходимые светотехнические характеристики прожектора за счёт использования вторичной оптики, устанавливаемой над каждым светодиодом, а также использования центральной линзы.

Прожектор в работе [10] первоначально проектировался для использования лампы накаливания. Замена лампы накаливания в серийном прожекторе локомотива на светодиодные источники света связана с определёнными трудностями. В модернизированной конструкции прожектора увеличивается вес всей конструкции за счёт деталей, предназначенных для крепления и регулировки установки светодиодов. Все эти обстоятельства приводят к изменению пространственных координат центра масс конструкции, в результате чего меняется спектр собственных частот модернизированного прожектора.

Задача оснащения серийных конструкций железнодорожных прожекторов светодиодными

источниками света усложняется ещё требованиями безопасности РЖД, предъявляемыми к осветительным железнодорожным приборам. В соответствии с Решениями от 15.07.2011 г. N 710 О принятии технических регламентов таможенного союза «О безопасности железнодорожного подвижного состава» лобовой прожектор должен удовлетворять ряду требований: прожектор должен быть установлен по продольной оси симметрии локомотива; осевой луч фонаря должен быть направлен параллельно горизонтальной плоскости пути; номинальная осевая сила света фонаря должна быть $(6,4-9,6) \cdot 10^5$ кд; схема включения фонаря должна предусматривать возможность включения яркого света, обеспечивающего номинальную осевую силу света, и тусклого света, обеспечивающего силу света в пределах $(0,7-1,2) \cdot 10^5$ кд в соответствии с ГОСТ 12.2.056–81. Указанные требования могут не выполняться в результате резонансов конструкции модернизированного прожектора.

Рассмотренные причины указывают на необходимость оптимизации конструкторских решений модернизированного прожектора на основании анализа собственных частот его конструкции. Такой анализ способен указать направления и средства повышения вибростойкости конструкции железнодорожного прожектора.

В работе [11] при проектировании прожектора со светодиодными источниками света отказались от размещения светодиодов на плоскости в пользу установки их в фокусе параболических рефлекторов. Световой поток, формируемый рефлектором каждого светодиода, преобразуется общим внешним рефлектором в световой поток с пиковым распределением интенсивности света. Рассмотренную в [11] конструкцию прожектора предполагается использовать, как лобовой прожектор железнодорожного локомотива, а также при освещении шасси летательных аппаратов.

Особенностью такой конструкции является большое количество составляющих её деталей. Это обстоятельство приводит к возможности появления различного вида резонансов конструкции при её эксплуатации. Для увеличения безаварийного срока эксплуатации такого прожектора необходимо определить собственные частоты его конструкции. Анализ резонансных частот прожектора позволит предусмотреть конструкторские решения, увеличивающие жёсткость конструкции прожектора и позволяющие вывести часть собственных частот за границы диапазона вибраций осветительного прибора при его эксплуатации.

В конструкции светового прибора [12] обеспечивается оперативное изменение угла рассеяния и направления формируемого светового пучка, а также распределение силы света по углу рассеяния достигается ориентацией оптических осей

различных групп светодиодов с коллимационной вторичной оптикой под различными углами к оптической оси светового прибора. Возможность включения различных сочетаний групп светодиодных источников света и регулирование тока в этих группах светодиодов позволяют оперативно изменять угол рассеивания светового пучка, направление оси светового пучка, а также распределение силы света по углу рассеяния. Предполагается использовать световой прибор при создании искусственного освещения в подводных поисковых системах, а также автомобильных фар и прожекторах других средств передвижения.

В работе [12] предлагается оптическая схема светового прибора без её конструкторской реализации, поэтому вопрос виброустойчивости конструкции не изучался. Опыт эксплуатации световых приборов при различных внешних факторах воздействия указывает, что возникновение резонансов конструкции определяется не только элементами конструкции, но и внешними воздействиями (температурой, давлением, силами инерции, влажностью и т.д.). Сохранение стабильных геометрических размеров конструкции осветительного устройства во многом определяет безаварийный срок эксплуатации осветительного устройства и его эксплуатационные характеристики.

Спектр частот вибраций железнодорожного локомотива определяется вибрациями всего железнодорожного состава, обусловленными расстояниями между опорными элементами пути, колёсными парами тележки, соседними тележками смежных вагонов, тележками одного вагона, межвагонным расстоянием, а также протяженностью рельсов, скоростным режимом, качеством насыпи и т.д. В работе [13] приводится диапазон частот вибраций, характерных для РЖД, который составляет от 0,001 до 111 Гц. Результаты, полученные в [14], показывают, что одним из направлений повышения безаварийного срока эксплуатации железнодорожного прожектора со светодиодными источниками света является повышение жесткости его конструкции.

Оснащение железнодорожного прожектора, используемого на РЖД, светодиодными источниками света взамен лампы накаливания привело к увеличению веса прожектора на 1287 граммов

[15]. Количество светодиодов определялось их светотехническими характеристиками. Для уменьшения веса осветительного устройства, а также для придания жёсткости конструкции подложки, несущей светодиоды, предлагается выполнять ее перфорированной и оснащенной радиальными ребрами и окружными концентрическими обечайками (рисунок 1).

В работе [16] было установлено, что для конструкции прожектора, используемого на Российских железных дорогах, при расположении светодиодных источников на плоскости (подложке) характер крепления, а также геометрические размеры и количество вторичной оптики и светодиодов (индикаторных, маломощного типа) незначительно влияют на собственные частоты конструкции прожектора. По этой причине были определены собственные частоты колебаний конструкции прожектора и его деформации для упрощенной 3D модели. На рисунке 2 показаны колебания усиленной подложки на различных собственных частотах, соответствующих границам диапазона частот железнодорожных вибраций.

Количество радиальных ребер и концентрических обечаек было выбрано на основании субъективной оценки повышения жёсткости подложки на основании анализа деформаций на резонансных частотах цельной подложки прожектора. Углы между соседними ребрами жёсткости были выбраны исходя из технологичности конструкции усиленной подложки. При таких углах ребра жёсткости не перекрывают отверстия перфорации подложки.

Для модели прожектора на рис. 1 были определены собственные частоты и характер деформации конструкции при резонансах. Рассчитаны колебания конструкции лобового прожектора со светодиодными источниками света на собственных частотах (усиленная подложка: $f = 19,236$ Гц; $f = 40,506$ Гц; $f = 62,296$ Гц; $f = 100,605$ Гц; $f = 115,82$ Гц; $f = 158,48$ Гц).

В табл. 1 приведены собственные частоты конструкции прожектора с усиленной и с цельной подложками с установленными на них светодиодами.

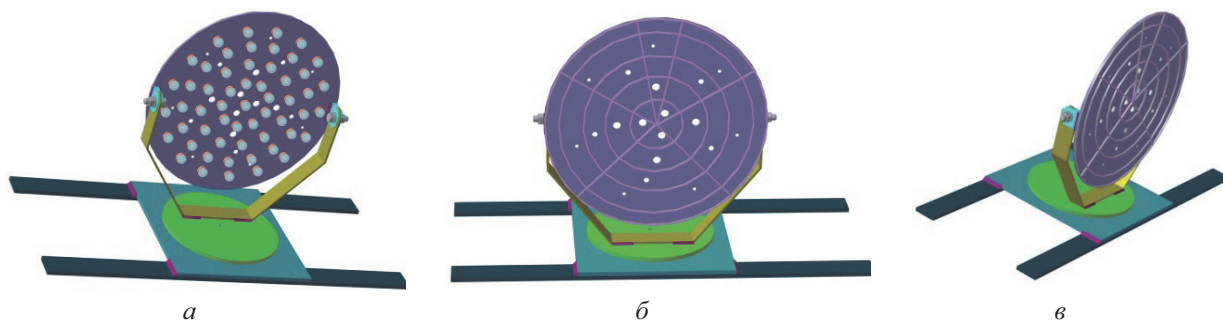


Рис. 1. Модель лобового прожектора с усиленной подложкой:

a – вид со стороны светогенерирующей поверхности подложки; *б* – вид сзади подложки; *в* – вид сбоку

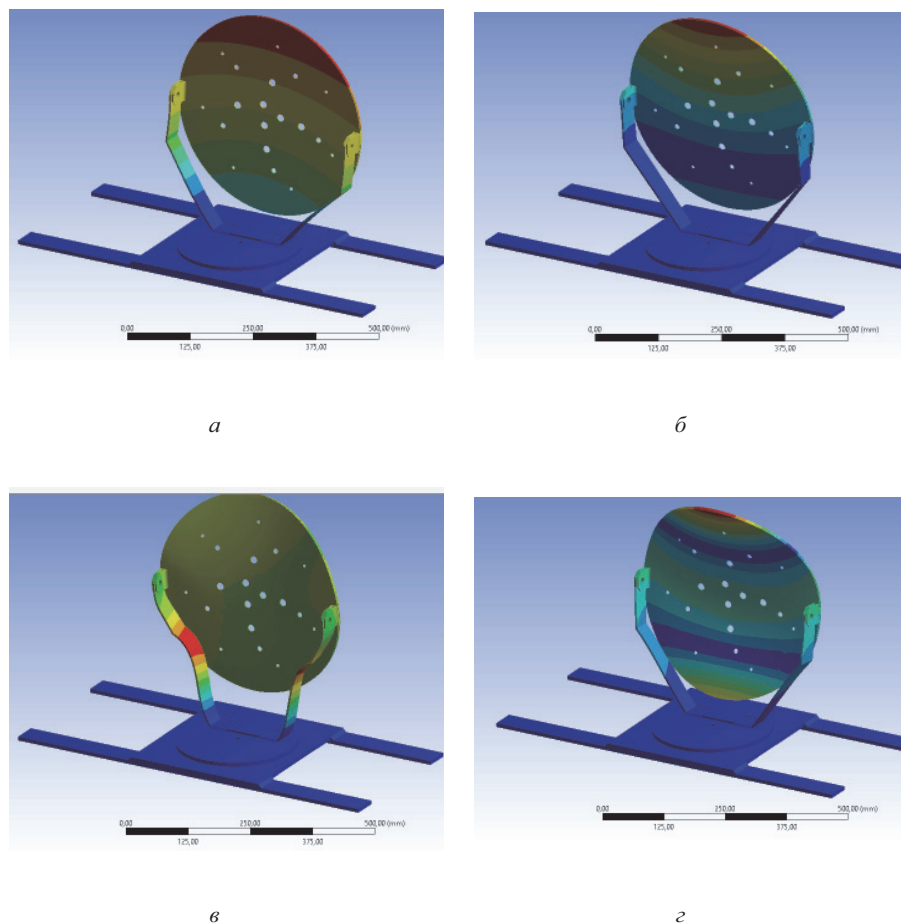


Рис. 2. Колебания прожектора на различных частотах вибраций железнодорожного локомотива:
 $a - f = 19,236$; $б - f = 40,516$; $в - f = 115,82$; $г - f = 158,48$

Таблица 1. Собственные частоты подложки прожектора со светодиодными источниками света

№	Частоты собственных колебаний Гц					
	Цельная подложка	146	202	231	292	393
Усиленная подложка	19,236	40,516	62,296	100,65	115,82	158,48

Собственные частоты конструкции прожектора с подложкой без усиления получены в работе [17].

Из таблицы и рис. 2 следует, что деформации усиленной подложки значительно уменьшились. При этом все собственные частоты колебаний прожектора принадлежат диапазону железнодорожных вибраций. На практике это означает, что конструкцию прожектора с усиленной подложкой целесообразно использовать для скоростного железнодорожного транспорта. Для маневровых и пригородных локомотивов конструкцию подложки следует оптимизировать в программной среде ANSYS, используя параметрическую модель подложки под светодиодами. Одним из вариантов оптимизации конструкции подложки может быть количество радиальных ребёр и концентрических обечаек, их периодичность, геометрические параметры, форма сечения и т.д.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При расположении светодиодных источников света на плоскости целесообразно выполнять подложку, несущую светодиоды, увеличенной жёсткости.

Геометрические параметры конструктивных элементов, повышающих жёсткость подложки, определяют величины собственных частот вибраций, испытываемых осветительным устройством.

Выполнение на подложке элементов, повышающих её жёсткость, сужает диапазон собственных частот конструкции прожектора в 2,11 раза в сторону низких частот.

Количество и методы крепления светодиодных источников света, вторичная оптика при малых размерах и массах используемых све-

диодов несущественно влияют на величину собственных частот конструкции прожектора.

Используемая методика повышения вибростойкости железнодорожного прожектора может быть использована для повышения срока безаварийной эксплуатации осветительных устройств различного назначения.

Расположение светодиодов на плоскости не является ограничительным условием. Подложка, несущая светодиоды, может иметь более сложную форму.

Полученные результаты позволяют перейти к исследованию на вибростойкость не только разнообразных светотехнических [17-24], но и других оптических устройств [25-37], особенно актуальны эти исследования для аппаратуры дистанционного зондирования Земли [38-43], испытывающей при выводе на орбиту значительные вибрационные нагрузки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Raslear T.* Alerting Lights on Locomotives // Research Results RR07-17, 2007, pp.1-4.
2. *Казанский Н.Л., Попов С.Б.* Распределённая система технического зрения регистрации железнодорожных составов // Компьютерная оптика. 2012. Том 36. № 3. С. 419-428.
3. *Попов С.Б.* Использование структурированной подсветки в системах технического зрения // Компьютерная оптика. 2013. Том 37, № 2. С. 233-238.
4. *Марков В.А., Пусев В.И., Селиванов В.В.* О вопросах демпфирующих и амортизирующих свойств материалов и конструкций // Наука и образование (электронное издание). 2012. №6. URL: <http://technomag.bmstu.ru/doc/442023.html> (дата обращения 23.03.2015).
5. *Голуб М.А., Казанский Н.Л., Сисакян И.Н., Соифер В.А.* Вычислительный эксперимент с элементами плоской оптики // Автометрия. 1988, № 1. С. 70-82.
6. *Казанский Н.Л.* Математическое моделирование оптических систем. Самара: СГАУ, 2005, 240 с.
7. *Kazanskiy N.L., Kotlyar V.V., Soifer V.A.* Computer-aided design of diffractive optical elements // Optical Engineering, 1994, Vol. 33, № 10, pp. 3156-3166.
8. *Golovashkin D.L., Kazanskiy N.L.* Solving Diffractive Optics Problem using Graphics Processing Units // Optical Memory and Neural Networks (Information Optics), 2011, Vol. 20, No. 2, pp. 85-89.
9. *Kazanskiy N.L.* Research and Education Center of Diffractive Optics // Proceedings of SPIE, 2012, Vol. 8410, 84100R, DOI: 10.1117/12.923233.
10. Patent № 20130051045 A1 US, Int. Cl. B61D 29/00, F21 V 7/04, F 21 V 5/04. Locomotive LED/Optics Headlight Assembly / *Bradley William Kay*; published Aug. 29, 2011.
11. Patent № 8403530 B2 US, Int. Cl. F21V 13/02. LED spotlight including elliptical and parabolic reflectors / *Jeffrey M. Singer, David Barnett, Scott R. Mangum*; published Mar. 22, 2012.
12. Патент № 2529518 РФ, МПК F21S 8/00. Световой прибор / *Лупанов О.И.*; опубл. 27.09.2014, Бюл. № 27.
13. *Абульханов С.Р., Лопатин Е.В.* Вибростойчивость конструкции лобового фонаря электровоза серии ВЛ // Вестник Транспорта Поволжья. 2013, № 6 (42). С. 30-36.
14. *Абульханов С.Р.* Построение аутентичной 3D модели лобового фонаря электровоза серии ВЛ // Вестник Самарского государственного университета путей сообщения. 2012. Вып. 3(17). С. 81-86.
15. *Абульханов С.Р.* Вибростойчивость конструкции лобового фонаря со светодиодными источниками света электровоза серии ВЛ // Вестник Транспорта Поволжья. 2014. № 1(43). С. 44-51.
16. *Абульханов С.Р., Скуратов Д.Л.* Оптимизация конструкции железнодорожного прожектора в программной среде ANSYS // Известия Самарского научного центра РАН. 2014. Т.16 №1 (2). С. 335-339.
17. *Голуб М.А., Казанский Н.Л., Прохоров А.М., Сисакян И.Н., Соифер В.А.* Синтез оптической антенны // Компьютерная оптика. 1987. № 1. С.35-40.
18. *Голуб М.А., Казанский Н.Л., Сисакян И.Н., Соифер В.А.* Формирование эталонных волновых фронтов элементами компьютерной оптики // Компьютерная оптика. 1990. № 7. С. 3-26.
19. *Doskolovich L.L., Kazanskiy N.L., Soifer V.A., Perlo P., Repetto P.* Design of DOEs for wavelength division and focusing // Journal of Modern Optics, 2005, Vol. 52, № 6, pp. 917-926.
20. *Казанский Н.Л., Скиданов Р.В.* Бинарный делитель пучка // Компьютерная оптика. 2011. Т. 35. №3. С. 329-334.
21. *Кравченко С.В., Моисеев М.А., Досколович Л.Л., Казанский Н.Л.* Расчет осесимметричных оптических элементов с двумя асферическими поверхностями для формирования заданных распределений освещенности // Компьютерная оптика. 2011. Т. 35. №4. С. 467-472.
22. *Aslanov E.R., Doskolovich L.L., Moiseev M.A., Bezus E.A., Kazanskiy N.L.* Design of an optical element forming an axial line segment for efficient LED lighting systems // Optics Express, 2013, Vol. 21, № 23, pp. 28651-28656.
23. *Дмитриев А.Ю., Досколович Д.Л., Досколович Л.Л., Казанский Н.Л.* Аналитический расчёт преломляющих оптических элементов для формирования однопараметрических диаграмм направленности // Компьютерная оптика. 2014. Т. 38, № 2. С. 207-212.
24. *Doskolovich L.L., Dmitriev A.Yu., Moiseev M.A., Kazanskiy N.L.* Analytical design of refractive optical elements generating one-parameter intensity distributions // J. Opt. Soc. Am. A, 2014, Vol. 31, No. 11, pp. 2538-2544.
25. *Doskolovich L.L., Kazanskiy N.L., Soifer V.A., Tzaregorodtzev A.Ye.* Analysis of quasiperiodic and geometric optical solutions of the problem of focusing into an axial segment // Optik - International Journal for Light and Electron Optics, 1995, Vol.101, № 2, pp. 37-41.
26. *Karpeev S.V., Pavelyev V.S., Khonina S.N., Kazanskiy N.L., Gavrilov A.V., Erolov V.A.* Fibre sensors based on transverse mode selection // Journal of Modern Optics, 2007, Vol. 54, № 6, pp. 833-844.
27. *Казанский Н.Л., Серафимович П.Г., Попов С.Б., Хонина С.Н.* Использование волноводного резонанса для создания нанооптических спектральных пропускающих фильтров // Компьютерная оптика. 2010. Т. 34. № 2. С. 162-168.
28. *Bezus E.A., Doskolovich L.L., Kazanskiy N.L., Soifer V.A., Kharitonov S.I.* Design of diffractive lenses for focusing surface plasmons // Journal of Optics, 2010, Vol. 12, №1, 015001.

29. Казанский Н.Л., Мурзин С.П., Трегуб В.И. Оптическая система для проведения селективной лазерной су-блимации компонентов металлических сплавов // Компьютерная оптика. 2010. Т. 34. №4. С. 481–486.
30. Bezus E.A., Doskolovich L.L., Kazanskiy N.L. Scattering suppression in plasmonic optics using a simple two-layer dielectric structure // Applied Physics Letters, 2011, Vol. 98, № 22, 221108.
31. Хонина С.Н., Казанский Н.Л., Устинов А.В., Волотовский С.Г. Линзакон: непараксиальные эффекты // Оптический журнал. 2011, Т. 78. № 11. С. 44–51.
32. Безус Е.А., Досколович Л.Л., Казанский Н.Л. Формирование интерференционных картин затухающих электромагнитных волн для наноразмерной литографии с помощью волноводных дифракционных решеток // Квантовая электроника. 2011. Т. 41. №8, С. 759–764.
33. Kazanskiy N.L., Serafimovich P.G., Khonina S.N. Use of photonic crystal cavities for temporal differentiation of optical signals // Optics Letters, 2013, Vol. 38, № 7, pp. 1149–1151.
34. Bezus E.A., Doskolovich L.L., Kazanskiy N.L. Low-scattering surface plasmon refraction with isotropic materials // Optics Express, 2014, Vol. 22, № 11, pp. 13547–13554.
35. Казанский Н.Л., Серафимович П.Г. Использование массива фотонно-кристаллических резонаторов для интегрирования оптических сигналов во времени // Компьютерная оптика. 2014. Т. 38. № 2. С. 181–187.
36. Kazanskiy N.L., Kolpakov V.A., Podlipnov V.V. Gas discharge devices generating the directed fluxes of off-electrode plasma // Vacuum, 2014, Vol. 101, pp. 291–297.
37. Егоров А.В., Казанский Н.Л., Серафимович П.Г. Использование связанных фотонно-кристаллических резонаторов для повышения чувствительности оптического датчика // Компьютерная оптика, 2015. Т. 39. № 2. С. 158–162.
38. Kazanskiy N.L., Serafimovich P.G. Coupled-resonator optical waveguides for temporal integration of optical signals // Optics Express. 2014. Vol. 22, № 11, pp. 14004–14013.
39. Казанский Н.Л., Харитонов С.И., Хонина С.Н., Волотовский С.Г., Стрелков Ю.С. Моделирование гиперспектрометра на спектральных фильтрах с линейно-изменяющимися параметрами // Компьютерная оптика. 2014. Т. 38. № 2. С. 256–270.
40. Казанский Н.Л., Харитонов С.И., Карсаков А.В., Хонина С.Н. Моделирование работы гиперспектрометра, основанного на схеме Оффнера, в рамках геометрической оптики // Компьютерная оптика, 2014. Т. 38, № 2. С. 271–280.
41. Казанский Н.Л., Хонина С.Н., Скиданов Р.В., Морозов А.А., Харитонов С.И., Волотовский С.Г. Формирование изображений дифракционной многоуровневой линзой // Компьютерная оптика. 2014. Т. 38. №3. С. 425–434.
42. Казанский Н.Л., Харитонов С.И., Хонина С.Н. Моделирование гиперспектрометра на спектральных фильтрах с линейно-изменяющимися параметрами с использованием векторных Бесселевых пучков // Компьютерная оптика. 2014. Т. 38. №4. С. 770–776.
43. Казанский Н.Л., Харитонов С.И., Досколович Л.Л., Павельев А.В. Моделирование работы космического гиперспектрометра, основанного на схеме Оффнера // Компьютерная оптика. 2015. Т. 39. №1, С. 70–76.

RAILWAY CONSTRUCTION PROJECTOR WITH LED LIGHT SOURCE

© 2015 S. R. Abul'khanov

Samara State Aerospace University named after Academician S.P. Korolyov
(National Research University)

Obtained in the ANSYS software environment the natural frequencies of the two constructions of the modernized railway floodlight. In the first case, in serial floodlight incandescent lamp was replaced by a group of LEDs mounted on a solid cylindrical substrate. In the second design spotlight substrate carrying the led light source was equipped with radial ribs and concentric shells stiffness. The analysis of the nature of the deformation of the substrate when the vibrations at the natural frequencies has established a number of design solutions that improve the vibration resistance of a spotlight. Model spotlight, it was found that the natural frequencies of a spotlight with a solid substrate owns virtually the entire range of railway vibrations. The eigenfrequencies of the substrate, provided with holes, ribs, and sides of stiffness, belong to the low frequencies of vibration interval train locomotive. Based on the developed method of analysis of deformation and natural frequencies of the surface carrying the LEDs is proposed and studied the design of a vibration-proof floodlight.

Keywords: railway floodlight, led light source, vibration resistance design, trouble-free life.